

## ГЕОМОРФОЛОГИЯ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 551.312.3

О. В. ВИНОГРАДОВА

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА  
В РОССЫПЯХ ВОДОТОКОВ НИЗКИХ ПОРЯДКОВ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА РУСЕЛ

Рассматриваются особенности строения россыпей в зависимости от типа русел водотоков, в которых происходило их формирование. Выявлены различия крупности частиц металла в россыпях в зависимости от порядка водотока и степени развитости русловых форм. Исследуется вопрос о распределении частиц полезного компонента по вертикали разреза. Установлена связь веса частиц металла с морфологическими показателями водотока. Полученные результаты выявляют большую роль руслового процесса и гидродинамического режима водотоков в формировании россыпей и распределении полезного компонента по длине россыпи и вертикали разреза.

Накопление полезного компонента в россыпях определяется двумя основными факторами — металлогенической обстановкой (наличием коренных источников и степенью их вскрытия) и гидродинамическими особенностями водотоков, в которых происходит формирование россыпи. Гидродинамический режим потока при определенном водном балансе территории, обусловленном климатом и водопроницаемостью коренных пород, зависит от морфометрических показателей водотоков: их порядка, уклона продольного профиля, площади водосбора и т. д. (Маккавеев, 1955; Чалов, 1968).

Влияние морфометрии водотоков на характер россыпи и распределение в ней полезного компонента рассматривается в работах многих исследователей. Выделяется три основных направления в разработке этого вопроса: выявление связи размеров россыпи (протяженности и ширины), ее морфологии и мощности продуктивного горизонта с порядком водотоков (Билибин, 1955; Хрипков, 1958; Синюгина, Лапин, 1967; Травин, 1966, 1970); анализ распределения концентрации полезного компонента в зависимости от сочетаний уклонов и порядков долин (Хрипков, 1958; Красков, Лобанов, 1973, и др.); выявление влияния порядков водотоков на крупность металла, слагающего россыпь (Хрипков, 1958; Дик, 1971; Васютина, 1975).

На наш взгляд, в упомянутых работах недостаточно вскрыта роль руслового процесса в формировании россыпей и распределении в них полезного компонента. Частицы металла, последовательно поступаая из элювия в делювий, попадают затем в сферу действия руслового потока, где условия их переноса и накопления подчиняются общим закономерностям транспортировки наносов в русле.

Как показали наши исследования, особенности строения россыпей, характер распределения металла по длине россыпей и крупность ме-

талла во многом определяется типом русла, в котором происходит их формирование. Исследованиями было охвачено около 20 россыпесодержащих водотоков I—IV порядка. Район исследований расположен в Южной Якутии в пределах расчлененного плато с поднимающимися над ним гольцевыми возвышенностями. Плато эродировано сетью водотоков при врезании которых в среднем и верхнем плейстоцене происходило формирование россыпей. Коренные породы, слагающие территорию, представлены известняками кембрия, залегающими почти горизонтально на сложноскладчатом архейском фундаменте. Эти образования прорваны интрузиями мезозойского возраста, которые контролируют расположение коренных источников, питающих россыпи.

Для выяснения связи строения россыпей с типом русла строились продольные профили современного тальвега исследуемых водотоков и профили плотика для участков россыпи, определялись порядки долин, длина и уклоны водотоков, подсчитывались площади водосборов. Для анализа распределения полезного компонента по длине россыпи были построены кривые обогащенности. По девяти россыпям исследуемого района разведочная документация по скважинам содержит данные (с интервалом по вертикали 0,25 м) о числе и весе частиц полезного компонента; данных о форме и размере частиц нет. В зависимости от веса частицы подразделены на три класса: I — с весом более 5 мг, II — от 1,0 до 5 мг и III — меньше 1,0 мг. Пользуясь таблицей М. И. Львовича (1938), в которой приведены соотношения среднего веса частиц с их размерами, мы приблизительно определили диаметры частиц указанных классов. Для I класса соответствует диаметр  $> 1,2$  мм, для II — от 0,5 до 1,2 мм и для III  $< 0,5$  мм. Были обработаны данные по 50 000 частиц, для которых определялся средний вес по классам, процентные содержания частиц каждого класса относительно общего количества частиц и их суммарного веса по разведочной линии и в целом для каждой россыпи. Полученные результаты позволили проследить характер строения россыпи и распределения полезного компонента как по длине россыпи, так и по вертикали разреза, а также выявить зависимость крупности частиц, слагающих россыпи, от типа водотоков, в которых происходит их формирование.

По типу кривой продольного профиля, значениям средних уклонов, длине и размерам площадей водосборов исследованные водотоки по классификации Р. С. Чалова (1968) были подразделены на три типа: 1 — горные с неразвитыми русловыми формами, 2 — горные с развитыми русловыми формами, 3 — полугорные (Хмелева и др., 1975).

К первому типу принадлежат водотоки I—II порядков с уклонами, превышающими 0,06, с крайне незначительной вогнутостью продольного профиля (почти прямолинейного), небольшой длиной (до 2,5 км) и малыми площадями водосборов. Для них характерны прямолинейные узкие долины. Мощность аллювия в русле составляет 3—4 м. Водотоки этого типа, за редким исключением, не содержат значительных россыпей. Распределение полезного компонента в аллювии носит спорадический характер. Типичны незначительные по мощности линзы металлоносного аллювия. Данными о крупности металла в россыпях водотоков этого типа мы не располагаем.

К горным водотокам с развитыми русловыми формами относятся водотоки I—II порядков с менее крутыми уклонами продольного профиля (от 0,05 до 0,06) и более вогнутой его формой. Длина их составляет 2,5—6 км, площади водосборов от 1,5 до 4 км<sup>2</sup>. Хотя долины узкие, но местами развита пойма и прослеживаются участки террас. Русло приобретает четковидную форму — расширяется над понижениями плотика и сужается над повышениями. В депрессиях днища мощность аллювия возрастает до 5 м, тогда как на повышениях она не превышает 2—3 м. Как показали наши исследования, размеры депрессий плотика

(западин) связаны с размерами водотоков: чем больше порядок и длина водотоков, тем больше глубина и длина западин (коэффициенты корреляции соответственно равны +0,68 и +0,73). Это дает основание считать, что образование неровностей плотика связано с деятельностью руслового потока. Такие понижения и повышения, выработанные в коренных породах, можно рассматривать как аналоги перекатов и плесов равнинных рек. У горных водотоков с русловыми формами размеры западин днища незначительны (глубина обычно не превышает 2—3 м, длина до 0,5 км) и они не оказывают большого влияния на распределение полезного компонента. Для россыпей водотоков этого типа характерно простое строение. Обогащенность россыпи зависит от местоположения коренного источника, ниже которого происходит увеличение запасов полезного компонента за счет поступления крупных частиц металла. Вниз по течению обогащенность постепенно убывает с последовательным возрастанием процентного содержания мелких частиц. Число максимумов обогащенности совпадает с числом коренных источников, питающих россыпь (обычно не больше 2—3 пиков обогащенности). Мощность металлоносного пласта в среднем составляет 1,5—3 м и мало варьирует. Наиболее крупные частицы металла тяготеют к приплотиковому горизонту. Анализ весового и количественного состава полезного компонента в россыпях водотоков этого типа показал, что на долю мелких частиц приходится больше 70% от общего количества частиц в россыпи, количество частиц первого класса крупности составляет 15%. По суммарному весу наблюдается обратная

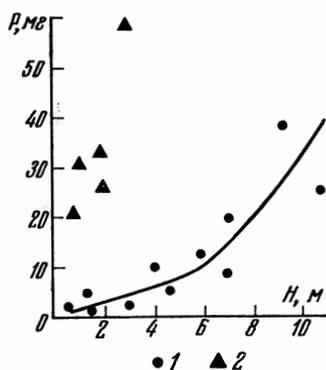


Рис. 1. Зависимость веса наиболее тяжелых частиц ( $P$ ) от их положения над плотиком ( $H$ )

1 — в западинах плотика, 2 — на повышениях плотика

картина — ведущее место принадлежит частицам I класса крупности, на долю которых приходится около 50% от общего веса металла. Таким образом, в россыпях водотоков горного типа запасы полезного компонента в основном обусловлены накоплением крупных частиц металла (I и II классов крупности).

К полугорным относятся водотоки III—IV порядков с средними уклонами 0,03 и некоторые водотоки II порядка с средними уклонами  $<0,05$ . Это наиболее крупные водотоки на территории исследований — длина их от 5 до 11 км, площади водосборов достигают 30 км<sup>2</sup>. Долины широкие с развитой поймой и террасами. Русло извилистое, в плане отчетливо выражена четковидность дна долины, западины плотика имеют значительные размеры — длина их достигает 1 км, а глубина — 8—12 м, их роль в распределении полезного компонента в россыпи более заметна. Россыпи характеризуются сложным строением. Кривая обогащенности имеет много пиков (до 20). Как показал детальный анализ, обогащенность на некоторых участках обусловлена накоплением металла в западинах плотика, в которых мощность аллювия достигает 10—12 м, соответственно повышается мощность металлоносного пласта (до 8 м), возрастает количество частиц металла в разрезе и происходит нарастание линейных запасов. На повышениях плотика россыпь обедняется — мощность металлоносного пласта, тяготеющего к плотику, сокращается до 2—3 м.

В россыпях полугорных водотоков распределение металла по крупности существенно различается для участков западин и участков повышения коренного ложа. По нескольким водотокам установлено, что на повышениях плотика крупные частицы сосредоточены в нижнем при-

плотиковом горизонте (рис. 1). В западинах днаща происходит увеличение крупности частиц к верхним горизонтам металлоносного пласта (коэффициент корреляции между весом частиц и расстоянием от плотика равен +0,8). На наш взгляд, это различие объясняется тем, что в западинах не происходит полного перебива аллювия при перемещении крупных гряд, вследствие чего нарушается гравитационная сортировка металла вниз по разрезу. Это приводит к нарушению общеизвестной закономерности, согласно которой наиболее крупные частицы металла тяготеют к плотнику (Нестеренко, 1977; Хрипков, 1958, и др.). Очевидно, в исследуемых водотоках более крупные частицы поступали в россыпи на поздних этапах их формирования и в понижениях плотника

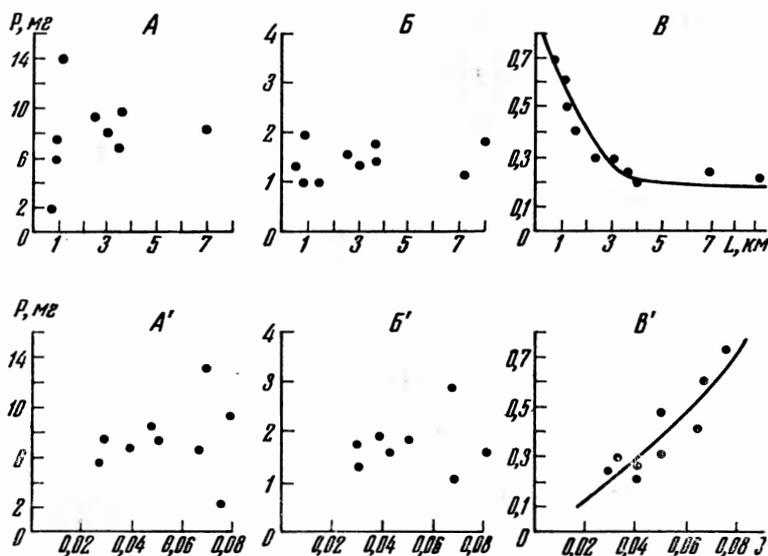


Рис. 2. Зависимость среднего веса частиц ( $P$ ) от длины ( $L$ ) и уклонов ( $I$ ) водотоков

$A, A'$  — I класс крупности,  $B, B'$  — II класс крупности,  $B, B'$  — III класс крупности

происходило их последовательное захоронение. Такое распределение частиц металла, возможно, является частным случаем, характерным для аномально большой мощности аллювия на плесовых участках реки. Если принять, что нормальная мощность аллювия в русле обычно не превосходит величины сезонной амплитуды уровней (Маккавеев, 1955), то нарушение этой закономерности в западинах плотика полугорных рек объясняется наличием процесса аккумуляции или уменьшением мощности половодий. Это убедительно показывает, что русловой процесс влияет на распределение полезного компонента в россыпях.

Весовое и количественное соотношение частиц металла, слагающих россыпи полугорных рек, существенно отличаются от состава полезного компонента в россыпях горных водотоков. По количеству здесь также преобладают мелкие частицы III класса крупности, но содержание их увеличивается до 90%. Процентное содержание крупных частиц металла низкое (до 2%), в 3—4 раза меньше, чем в водотоках горного типа. Богатство россыпей полугорных водотоков в большой степени обусловлено накоплением мелких частиц металла, на долю которых приходится около 60% от общего веса. Вес самых крупных частиц (I класс крупности) составляет меньше 20%. Различия в весовом и количественном составе полезного компонента двух типов водотоков объясняются гидродинамическими условиями — большими уклонами и скоро-

стями течения водотоков горного типа с развитыми русловыми формами, обуславливающими вынос мелких фракций в полугорные водотоки. О влиянии руслового процесса на крупность частиц полезного компонента россыпи свидетельствует также изменение среднего веса частиц металла в зависимости от морфометрических показателей водотоков (рис. 2). Колебания среднего веса частиц I и II классов не связаны с изменением уклонов и длины водотоков, в то время как средний вес мелких частиц с уменьшением уклонов и увеличением протяженности россыпи снижается. Эта закономерность объясняется, на наш взгляд, тем, что крупные частицы металла переносятся на незначительные расстояния и оседают на дне водотоков. Мелкие частицы III класса крупности, находясь длительное время в сфере транзитных наносов, подвергаются динамической сортировке и истиранию, что и вызывает уменьшение среднего веса частиц с увеличением длины водотоков. Полученные зависимости могут являться еще одним аргументом в доказательстве возможности свободного переноса золота потоком. По этому вопросу в литературе имеются противоречивые мнения. Некоторые исследователи (Бондаренко, 1975) отрицают возможность перемещения свободного металла в водной среде, хотя большинство авторов придерживается противоположного мнения.

## ВЫВОДЫ

1. Возрастание порядка россыпформирующего водотока и степени развитости русловых форм сопровождается усложнением строения россыпи, нарастанием мощности металлоносного горизонта и степени его изменчивости по длине россыпи.

2. Весовой и количественный состав металла зависит от типа водотока. В россыпях водотоков горного типа с развитыми русловыми формами в весовом составе полезного компонента доминируют крупные частицы. В россыпях полугорных рек по суммарному весу преобладают мелкие частицы металла.

3. Распределение крупности металла по разрезу также различно для россыпей, сформированных водотоками описываемых типов. В россыпях водотоков горного типа с развитыми русловыми формами наиболее крупные частицы, обуславливающие максимальные концентрации металла, приурочены к приплотиковому горизонту. Для россыпей полугорных водотоков распределение металла неодинаково на участках повышения плотика и в западинах днища. На повышениях плотика крупные частицы тяготеют к низам разреза, в депрессиях осуществляется последовательное захоронение частиц по мере их поступления и нарушена гравитационная сортировка металла.

4. Гидродинамические особенности потока оказывают заметное влияние на изменение среднего веса мелких частиц, что доказывает возможность перемещения свободного металла в русловом потоке.

## ЛИТЕРАТУРА

- Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М., Изд-во АН СССР, 1955.  
Бондаренко Н. Г. Образование, строение и разведка россыпей. М., «Недра», 1975.  
Васюткина Л. Г. Влияние неотектонических движений на формирование аллювиальных россыпей в Центральной части Станового хребта. «Геоморфология», № 1, 1975.  
Дик И. П. Распределение золота в россыпях и его перенос в Центрально-Алданском золотоносном районе. В сб. «Вопросы геологии Сибири». Томск, Изд-во ТГУ, 1971.  
Красков В. В., Лобанов В. В. Исследование некоторых морфологических факторов концентраций эндотермального золота в россыпях Чаун-Чукотки. «Геоморфология», № 4, 1973.  
Львович М. И. Гидравлическая крупность частиц россыпного золота. В сб. «Труды триеста золоторазведка и ин-та НИГРИзолото». Л., Изд-во ОНТИ НКТП СССР, 1938.

- Маккаев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Нестеренко Г. В. Происхождение россыпных месторождений. М., «Наука», 1977.
- Синюгина Е. Я., Лапин С. С. Распределение золота в аллювиальных россыпях. В кн. «Геологические закономерности и методы изучения месторождений золота». М., «Недра», 1967.
- Травин Ю. А. Зависимость продуктивности золотоносных долин от их порядка в некоторых районах Яно-Колымского пояса. «Колыма», № 4, 1966.
- Травин Ю. А. Сравнительные особенности морфологии продуктивного горизонта золотоносных россыпей, локализованных в долинах различных порядков (на примере Яно-Колымского пояса). В сб. «Проблемы геологии россыпей». Магадан, Изд-во ОНТИ СВКИ, 1970.
- Хмелева Н. В., Григорьев Н. П., Виноградова О. В. Особенности транспорта золота в процессе формирования россыпей Центрально-Алданского района. В сб. «Транспортировка полезных ископаемых в россыпях». Якутск, Изд-во ЯФАН СССР, 1975.
- Хрипков А. В. Распределение золота в районах Северо-Востока и густота сети поисковой разведки. Магадан, Изд-во ОТИ Северовостокзолото, 1958.
- Чалов Р. С. Некоторые особенности руслового режима горных рек. «Метеорология и гидрология», № 4, 1968.

Московский государственный  
университет  
Географический факультет

Поступила в редакцию  
17.I.1978

---

## ON THE ORE DISTRIBUTION IN PLACERS AT LOW ORDER STREAMS IN DEPENDENCE ON CHANNEL TYPE

O. V. VINOGRADOVA

Summary

The paper deals with features of placers in connection with the type of stream channel where they were formed. Some correlation has been established between metallic grain size and stream order and maturity of channel forms. The distribution of metal grains in the vertical section is studied. The grains weight is proved to be related to the stream morphometry. The results reveal the significance of the channel process and hydrodynamic conditions for placers formation and vertical and horizontal ore dispersion in a placer.

---